

Avaliação técnica e econômica da colheita
de florestas de eucalipto com harvesterTechnical and economical evaluation of
the *Eucalyptus* forest harvest with harvesterDanilo Simões¹, Paulo Torres Fenner² e Maura Seiko Tsutsui Esperancini³**Resumo**

A aquisição de máquinas empregadas na colheita florestal depende de alto investimento financeiro, o que implica na necessidade de avaliações que possibilitem definir com maior precisão, qual será a máquina ou o conjunto mais preconizado para a racionalização dessa operação. O objetivo deste estudo foi avaliar técnica e economicamente o desempenho de um harvester em colheita florestal de eucalipto em primeiro corte. A análise técnica englobou um estudo de tempos e movimentos, produtividade, eficiência operacional e disponibilidade mecânica. A análise econômica englobou os parâmetros do custo operacional, custo de colheita florestal e rendimento energético. Os resultados dos parâmetros técnico-econômicos evidenciaram que o Diâmetro à Altura do Peito influenciou diretamente a produtividade do harvester. Consequentemente os menores custos de colheita florestal foram obtidos para as parcelas experimentais com árvores de maior diâmetro.

Palavras-chave: avaliação de desempenho, rendimento energético, tempos e movimentos.

Abstract

The acquisition of machinery used in timber harvesting depends on high financial investment, which implies the need for assessments that allow defining more precisely, what is the machine or the whole more recommended for streamlining the operation. This study aimed to technically and economically evaluating the performance of a harvester in *Eucalyptus* forest harvest first cut. The technique analysis included a time and movements, productivity, efficiency operational and mechanical availability. The economic analysis included the parameters operational cost, harvesting cost and energy consumption. The results obtained from the technological-economic parameters evidenced that of Diameter at Breast Height directly influenced the productivity of harvester. Consequently the lower costs of forest harvest were obtained for the compartments with wider diameter trees.

Keywords: performance evaluation, energy consumption, time and movements.

INTRODUÇÃO

O crescimento da demanda de produtos florestais incentivou o planejamento dos processos produtivos nas empresas, valorizando o grau de competitividade nas mesmas. Dentro deste setor, uma das atividades considerada mais importante é a colheita florestal, visto ser a mais onerosa em termos de custo de produção (FREITAS, 2005).

Existem vários métodos e sistemas de colheita e processamento de madeira no campo, segundo a espécie florestal, idade do povoamento, finalidade a que se destina o produto, condições gerais da área de colheita e, portanto, o sistema

de colheita e processamento a ser utilizado será uma função de um conjunto de fatores condicionantes (SILVA *et al.*, 2003).

No Brasil o sistema de toras curtas (*cut-to-length*) é largamente utilizado na colheita do *Eucalyptus*. Segundo Malinovski *et al.* (2002) neste sistema a árvore é processada no local de derrubada, sendo extraída para a margem da estrada ou para o pátio temporário em forma de pequenas toras, ou seja, com até 6 metros de comprimento.

Bramucci (2001) assegura que em relação ao sistema de colheita de toras curtas, o harvester é a principal máquina utilizada na derrubada e pro-

¹MSc. em Energia na Agricultura, UNESP – Depto de Recursos Naturais/Ciências Florestais, Rua José Barbosa de Barros, 1780, Faz. Lageado, Botucatu, SP. – CEP 18610-307 - E-mail: simoedaniilo@yahoo.com.br

²Prof. Dr. UNESP – Depto de Recursos Naturais/Ciências Florestais, Rua José Barbosa de Barros, 1780, Faz. Lageado, Botucatu, SP. – CEP 18610-307 - E-mail: fenner@fca.unesp.br

³Profa. Dra. UNESP – Depto de Gestão e Tecnologia Agroindustrial, Rua José Barbosa de Barros, 1780, Faz. Lageado, Botucatu, SP. – CEP 18610-307 - E-mail: maura@fca.unesp.br

cessamento, o qual consiste no desgalhamento, no corte em toras de comprimento pré-determinado e em alguns casos no descascamento das árvores.

De acordo com Burla (2008), para a atividade da colheita de madeira com harvester existe uma variação da produtividade em função das diferentes condições das florestas, sendo características distintas para cada empresa. Segundo Akay *et al.* (2004), o rendimento operacional do harvester está muito relacionado ao tamanho da árvore, pois conforme diminui o volume desta, diminui também o rendimento operacional.

Para Simões e Fenner (2010) a realização de estudos sobre as variáveis que influenciam a produtividade de colheita de madeira tornaram-se imperativos, visando à minimização dos custos e à otimização operacional. A identificação dessas variáveis pode ser realizada por estudos específicos que possibilitem estimar a produtividade, a qual resultará em subsídios para avaliação mais precisa do processo de produção.

De acordo com Andrade (1998), uma das técnicas utilizadas no planejamento e na otimização da operação de colheita florestal é o estudo de tempos e movimentos. Para isso pode ser empregado para medir o tempo despendido e identificar os ciclos operacionais, o método da cronometragem, pois por meio deste método determina-se o tempo e as atividades parciais que compõem a operação e, de forma análoga, realiza-se o estudo dos movimentos, que tem como propósito proporcionar condições mais favoráveis para o desenvolvimento da operação.

Neste contexto, este estudo tem como objetivo avaliar técnica e economicamente o desempenho de um harvester em colheita de eucalipto em floresta de primeiro corte.

MATERIAL E MÉTODOS

Área experimental

O estudo foi desenvolvido numa floresta de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden de primeiro

corte, num talhão homogêneo, equiâneo e seminal, com 72 meses de idade. O espaçamento do plantio era de 3x2 metros, em relevo plano a suave-ondulado.

A área experimental está localizada nas coordenadas geográficas 23° 11' de Latitude Sul e 48° 30' de Longitude Oeste, no Estado de São Paulo, Brasil, com altitude média de 650 metros acima do nível do mar. O tipo de solo predominante na região é o Neossolo Quartzarênico Órticos latossólicos.

A área do reflorestamento estudada, segundo a classificação de Wilhelm Köeppen, está localizada em área de clima Cwa, clima temperado quente (mesotérmico), com chuvas no verão e seca no inverno. O total de precipitação pluvial anual apresenta a média de 1.524,5 mm, com total médio no mês mais seco de 37,4 mm e 256,7 mm no mês mais chuvoso (CUNHA *et al.*, 1999).

A coleta dos dados foi efetuada nos mesmos horários e condições climáticas, as quais se mantiveram sem alterações, com o céu encoberto e com períodos de sol durante o período do estudo.

Parcelas experimentais

Com o propósito de atingir a finalidade do estudo, a área experimental foi dividida em 5 parcelas (Tabela 1). Foram fixados os principais fatores que interferem na produtividade da colheita florestal, ou seja, estudou-se a colheita sob condições homogêneas de povoamento, solo, relevo, clima local, máquina e operador.

Descrição do harvester

O harvester era constituído por uma máquina base com estrutura de escavadora hidráulica com sistema de rodados composto por esteiras, da marca *Caterpillar* modelo CAT 320 CL, equipado com motor diesel modelo 3066-T, com 103 kW de potência nominal e massa operacional de 20.330 Kg. A grua era modelo *Scavator* com o alcance máximo de 8,83 metros.

Tabela 1. Características dendrométricas das parcelas experimentais.

Table 1. Dendrometric characteristics of experimental section.

Parcelas	Características dendrométricas das parcelas					
	Área experimental (ha)	Declividade (%)	Nº de árvores (ha)	DAP médio (cm)	Volume (m³/árvore)	Volume total (m³ ha ⁻¹)
1	1,07	1,6	1.379	14,70	0,2292	316,05
2	1,42	2,4	1.379	14,50	0,2283	314,84
3	2,16	5,7	1.379	14,40	0,2274	313,64
4	1,68	6,1	1.379	13,85	0,2218	305,90
5	2,03	4,5	1.379	13,95	0,2257	311,28

DAP - Diâmetro à Altura do Peito 1,30 m.

O cabeçote de corte e processamento era da marca *Valmet*, modelo 965-BR, com capacidade máxima de corte de 650 mm de diâmetro, o qual possibilitava a remoção de galhos com até 460 mm, com velocidade do sabre de 40 m/s e massa de 1.205 Kg.

Sistema de colheita

O sistema de colheita era o de toras curtas (*cut-to-length*), com o eito de derrubada composto por três linhas de árvores. As atividades de derrubada, desgalhamento, destopamento e traçamento eram realizadas árvore a árvore. A queda das árvores era direcionada sobre as árvores em pé e as toras, com 6 m de comprimento, eram empilhadas em área já colhida perpendicularmente à linha de plantio.

Coleta dos dados

A coleta de dados de tempos e movimentos foi efetuada pelo método de cronometragem de tempo contínuo. Esse método caracteriza-se pela medição do tempo sem detenção do cronômetro, isto é, de forma contínua.

O ciclo operacional do *harvester* foi composto por atividades efetivas e gerais. As atividades efetivas englobaram todos os movimentos planejados que ocorreram durante o decurso do trabalho e que resultaram em produção ou foram necessárias para a realização do trabalho, sendo essas:

- Abater e processar: tempo despendido para efetuar o corte de derrubada, desgalhamento, destopamento e traçamento das árvores;
- Buscar: movimento do cabeçote em direção às árvores a serem abatidas;
- Deslocar: tempo despendido para o deslocamento da máquina.

As atividades gerais foram todas aquelas que ocorreram casualmente durante o decurso do trabalho, mas que não resultaram em produção, compreendidas por:

- Interrupções: as interrupções operacionais foram decorrentes do tempo despendido para a manutenção preventiva ou corretiva da máquina e, as não operacionais foram aquelas destinadas às necessidades fisiológicas do operador.

O número de ciclos operacionais foi estimado de acordo com a metodologia proposta por Barnes (1968). Por meio de um estudo-piloto foi estimado o número mínimo de ciclos operacionais para um erro de amostragem admissível fixado em 5%, a 95% de probabilidade (Equação 1).

$$n \geq \frac{t^2 C^2}{E^2} \quad (1)$$

onde,

n - número mínimo de ciclos operacionais necessários;

t - valor t de *Student*, no nível de probabilidade desejado e $(n-1)$ graus de liberdade;

CV - coeficiente de variação (%);

E - erro admissível (%).

Análise técnica

A produtividade foi estimada em metros cúbicos de madeira processada por hora efetiva de trabalho ($m^3 \text{ he}^{-1}$) (Equação 2).

$$P = v / \text{he} \quad (2)$$

onde,

P - produtividade ($m^3 \text{ he}^{-1}$);

v - volume, em metros cúbicos de madeira (m^3);

he - tempo efetivo de trabalho (horas).

O volume, em metros cúbicos de madeira processada, foi calculado multiplicando-se o número de árvores pelo volume médio obtido por meio de inventário.

A disponibilidade mecânica foi definida como o percentual do tempo que a máquina estava apta a realizar o trabalho. Portanto desconsiderou-se o tempo em que a máquina estava em manutenção preventiva ou corretiva.

De acordo com Oliveira *et al.* (2009) a eficiência operacional é a percentagem do tempo efetivamente trabalhado, em relação ao tempo programado para o trabalho, sendo determinada pela equação 3.

$$EO = \frac{\text{he}}{\text{he} + \text{hp}} 100 \quad (3)$$

onde,

EO - eficiência operacional (%);

he - tempo efetivo de trabalho (horas);

hp - tempo de horas paradas (horas).

Delineamento estatístico

Os resultados obtidos foram submetidos à técnica da análise de variância para experimentos inteiramente casualizados, por meio do software estatístico R (R-Statistics). Nos casos em que houve diferença estatisticamente significativa foi realizado teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Análise econômica

Os custos operacionais foram estimados de acordo com a metodologia proposta pela *American Society of Agricultural Engineers* (ASAE, 2001) e foram expressos em dólar comercial americano, oficial do Banco Central do Brasil (PTAX 800) a preço de venda por hora de trabalho (US\$ h⁻¹). Foi considerado como taxa de câmbio o preço da moeda estrangeira medido em unidades e frações da moeda nacional, que era de R\$ 1,8032 em 20/12/2007 (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2009).

Para estimar os custos operacionais foram considerados os custos fixos (depreciação, juros, abrigo, taxas e seguros) e variáveis (combustíveis, reparos e manutenção, lubrificantes e mão-de-obra). O custo operacional foi obtido pelo somatório dos custos fixos e variáveis e o custo de colheita florestal (US\$ m⁻³) por meio da divisão dos custos operacionais pela produtividade. Foi considerando uma taxa de juros de 10% a.a. e vida útil de 4 anos, com um valor residual de 48%.

O rendimento energético o qual indica a massa de combustível necessária para produzir uma unidade de potência na unidade de tempo, foi obtido pela razão entre o consumo específico efetivo de combustível em gramas para cada kilowatts fornecido durante uma hora (g kW⁻¹ h⁻¹) e a produtividade média (m³cc he⁻¹) para cada parcela experimental, expresso em (g kW⁻¹ m³cc). Para o cálculo do consumo específico efetivo (CSE) foi utilizada a metodologia proposta pela United Nations Economic Commission for Europe (UNECE, 2007) conforme a Equação 4.

$$CSE = G_f / P_e \quad (4)$$

onde,

CSE – Consumo específico efetivo (g kW⁻¹ h⁻¹);

G_f – Consumo horário em carburante em g h⁻¹;

P_e – Potência efetiva (kW).

O rendimento energético foi obtido de acordo ao utilizado por Lopes (2007), em análise técnica e econômica de um sistema de colheita florestal.

$$RE = CSE / P \quad (5)$$

onde,

RE – rendimento energético da máquina avaliada (g kW⁻¹ m³ cc);

CSE – Consumo específico efetivo (g kW⁻¹ he⁻¹);

P – produtividade (m³ he⁻¹).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi estabelecido para um erro de amostragem admissível em 5%, o número mínimo de 1.562 ciclos operacionais. Durante o estudo foram observados 3.967 ciclos, número superior ao fixado como necessário.

Estudo de tempos e movimentos

Na Figura 1 é apresentada a constituição média das atividades parciais do ciclo operacional do harvester. Pode-se constatar que em todas as parcelas avaliadas, a atividade que despendeu maior tempo do ciclo operacional foi “abater e processar” a qual representou em média 62,59%, seguida por “buscar” com 25,77% e “deslocar” com 3,68% do tempo total do ciclo operacional.

O tempo necessário para a realização da manutenção variou de 1,37 a 19,07% do tempo total do ciclo operacional, sendo que o principal agente causador foram os frequentes desprendimentos e substituições de corrente do sabre. Nas parcelas 1 e 3 o maior tempo despendido para a manutenção, pode ser explicado em função da necessidade de substituição de mangueiras do cabeçote.

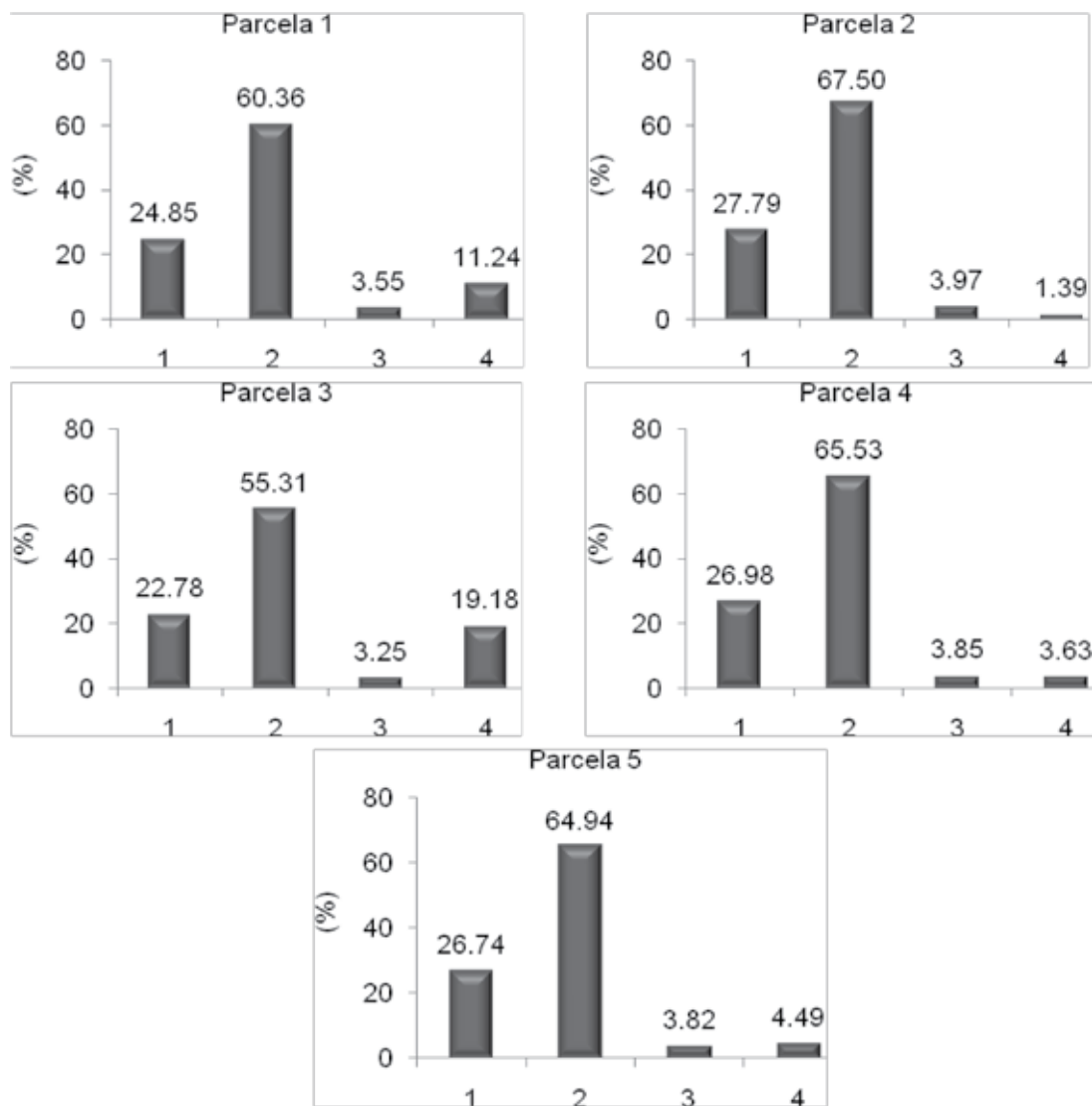
Pode ser observado na Tabela 2 os resultados das análises estatísticas realizadas para as atividades parciais que compuseram o ciclo operacional do harvester. O tempo da atividade efetiva foi igual para todas as parcelas experimentais, entretanto em relação ao tempo total da operação, apresentou diferenças significativas estatisticamente, pelo teste de Tukey, no nível de confiança de 95%. Essas diferenças são explicadas devido à variabilidade de tempo despendido para a realização da manutenção, principalmente pela necessidade de maior tempo de substituição de mangueiras hidráulicas, ocorrido durante a colheita nas parcelas 1 e 3.

Produtividade

A produtividade média do harvester por hora efetiva de trabalho para cada parcela experimental respectivamente foi 193, 184, 185, 176, 181 e 176 árvores e em metros cúbicos de 43,48, 41,54, 41,73, 39,68 e 40,85 de madeira processada. Tiburcio *et al.* (1995), em seu estudo avaliando diferentes sistemas de corte e processamento de *Eucalyptus grandis* com 72 meses de idade com o harvester, determinaram uma produtividade de 23,6 m³cc he⁻¹ trabalhando

com oito de três linhas de plantio. A menor produtividade ($39,68 \text{ m}^3 \text{cc he}^{-1}$) foi obtida para a parcela 4, a qual apresentava o menor volume individual por árvore (m^3) e o maior percentual de declividade. Observa-se na Tabela 3 que a melhor produtividade foi obtida na parcela experimental 1, sendo essa semelhante estatisticamente entre as parcelas 2, 3 e 5, pelo teste de Tukey, no nível de 5% de probabilidade.

Diversos estudos de colheita de madeira por meio do sistema de toras curtas demonstraram que existe uma variação de produtividade, principalmente em função do Diâmetro à Altura do Peito (DAP). Gingras (1988), Holtzsch e Lanford (1997), Elliasson (1999) estudaram o efeito do DAP sobre a produtividade na colheita florestal mecanizada, os quais confirmaram existir uma correlação entre tais fatores.



(1) - Buscar; (2) - Abater e processar; (3) - Deslocar; (4) - Interrupções.

Figura 1. Percentual de tempos das atividades parciais do harvester nas diferentes condições operacionais avaliadas.
Figure 1. Percentage of time of partial harvester activities in the different performance conditions evaluated.

Tabela 2. Análise estatística do ciclo operacional do harvester.

Table 2. Statistical analysis of operational cycle of the harvester.

Parcelas experimentais	Tempo (s)					
	Abater e processar	Buscar	Deslocar	Manutenção	Atividade Efetiva	Total
1	13,92 a	5,73 a	0,82 a	244,47 b	20,46 a	264,94 b
2	13,47 a	5,55 a	0,79 a	70,00 c	19,81 a	89,81 c
3	13,54 a	5,58 a	0,80 a	1153,00 a	19,92 a	1172,92 a
4	12,72 a	5,24 a	0,75 a	62,00 c	18,71 a	80,71 c
5	13,13 a	5,41 a	0,77 a	63,42 c	19,31 a	82,73 c
C.V. (%)	3.45	3.44	3.45	10.85	3.46	10.25

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem, estatisticamente, entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na Figura 2 é apresentado o logaritmo decimal, ajustado para o modelo de potência, onde Y = representa a produtividade do harvester e X = DAP. É possível observar que existe um aumento da produtividade de forma linear em função do DAP, representada pelo coeficiente de determinação R² (0,52), sendo este acima do obtido por Bramucci (2001) para as mesmas variáveis e condições de colheita, o qual também identificou um acréscimo da produtividade em função ao aumento do DAP.

Disponibilidade mecânica e eficiência operacional

Ponderando todas as parcelas experimentais, foi observada uma disponibilidade mecânica média de 92,04%, que resultou em uma eficiência operacional média de 91,53% por hora efetiva de trabalho. As interrupções operacionais corresponderam a 7,96% e as não operacionais a 0,51% do total de horas disponíveis.

Custo operacional

O somatório dos custos fixos e variáveis do harvester apresentou um custo operacional de US\$ 92.50 por hora de trabalho. Na Figura 3 é

apresentado o gráfico em percentuais dos custos operacionais obtidos. Os custos fixos (depreciação, juros, abrigo, taxas e seguros) corresponderam a 29,47% e os custos variáveis (combustível, reparos e manutenção, lubrificação e mão-de-obra) representaram 70,53%.

Custo de colheita florestal e rendimento energético

Na Tabela 3 pode ser observado que com o aumento da produtividade do harvester houve um decréscimo no custo de colheita florestal. Esse fato pode ser explicado devido ao incremento no volume de madeira das parcelas experimentais (m³ ha⁻¹), corroborando que o volume individual das árvores influencia diretamente os custos de colheita e o rendimento energético. O menor custo de colheita florestal (US\$ 2.13 m³ cc) foi obtido na parcela 1, resultante da maior produtividade.

O consumo horário do carburante utilizado pelo harvester foi de 24 l.h⁻¹, resultando num consumo específico de combustível de 194,80 (g kW⁻¹ h⁻¹). O rendimento energético comportou-se de forma análoga ao custo de colheita florestal.

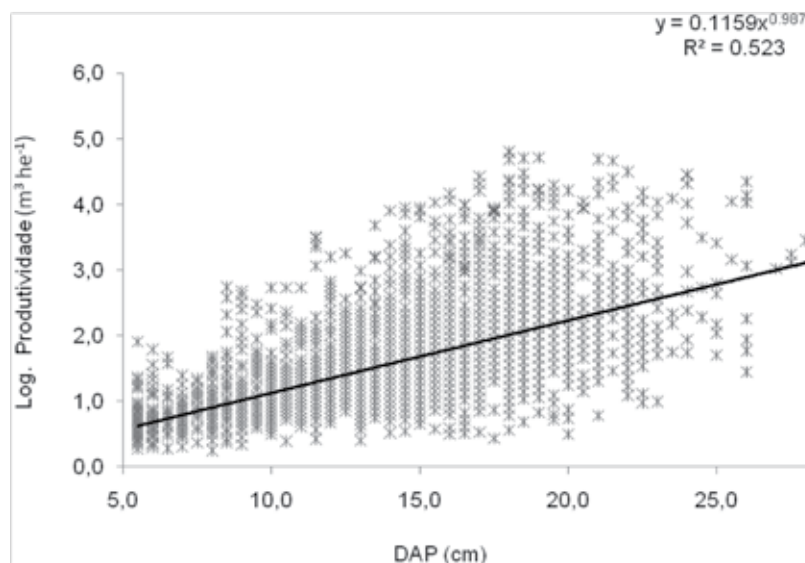


Figura 2. Gráfico do logaritmo da produtividade em relação ao diâmetro à altura do peito.
Figure 2. Graph of the logarithm of the productivity in relation to diameter at breast height.

Tabela 3. Custo de colheita florestal e rendimento energético do harvester.
Table 3. Production cost and energy consumption rate of the harvester.

Parcelas experimentais	Produtividade (m ³ cc he ⁻¹)	Custo de colheita florestal (US\$ m ³ cc)	Rendimento energético (g kW ⁻¹ m ³ cc)
1	43,48 a	2.13 b	4,48 b
2	41,54 ab	2.23 ab	4,69 ab
3	41,73 ab	2.22 ab	4,67 ab
4	39,68 b	2.33 a	4,91 a
5	40,85 ab	2.26 ab	4,77 ab
C.V. (%)	3.26	3.22	3.23

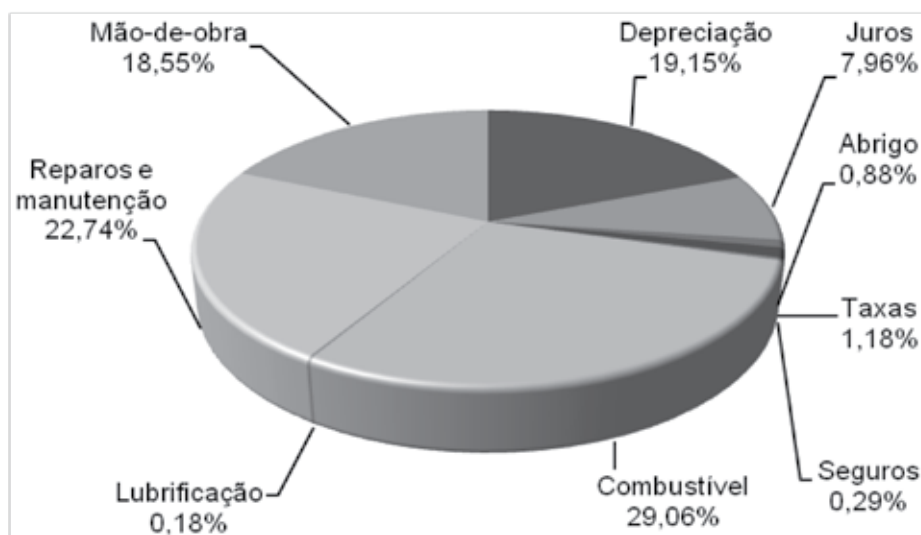


Figura 3. Distribuição percentual dos itens que compõem o custo operacional do harvester.
Figure 3. Percent distribution of the items which compose harvester operational cost.

CONCLUSÕES

O Diâmetro à Altura do Peito influenciou em aproximadamente 50% na produtividade do harvester, explicando os menores custos de colheita florestal para as parcelas experimentais com árvores de maior diâmetro.

O consumo de combustível foi o item que mais impactou os custos operacionais, representando aproximadamente 30% do custo-hora. Contudo esse fato ocorreu em função da operação demandar a potência máxima do motor para um funcionamento adequado do harvester.

O segundo maior tempo do ciclo operacional foi o da atividade parcial buscar, o que implica na necessidade de medidas mitigadoras que possibilitem a otimização do ciclo operacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKAY, A.E.; ERDA, O.; SESSIONS, J. Determining productivity of mechanized harvesting machines. *Journal of Applied Sciences*, Pakistan, v.4, n.1, p.100-105, 2004.

ANDRADE, S.C. *Avaliação técnica, social, econômica e ambiental de dois subsistemas de colheita florestal no litoral norte da Bahia*. 1998. 125p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. *ASAE standards 2001: machinery, equipment, and buildings: operating costs*. Ames, 2001. 566 p. (ASAE D472-3).

BANCO CENTRAL DO BRASIL. *Conversão de moedas*. Disponível em: <<http://www4.bcb.gov.br/?TXCONVERSAO>>. Acesso em: 10 jun. 2009.

BARNES, R.M. *Motion and time study: design and measurement of work*. 6ed. New York: John Wiley and Sons, 1968. 799 p.

BRAMUCCI, M. *Determinação e quantificação de fatores de influência sobre a produtividade de "harvesters" na colheita de madeira*. 2001. 50p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

BURLA, E.R. *Avaliação técnica e econômica do "harvester" na colheita do eucalipto*. 2008. 62p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

CUNHA, A.R.; KLOSOWSKI, E.S.; GALVANI, E.; ESCOBEDO, J.F.; MARTINS, D. Classificação climática para o município de Botucatu, SP, segundo Köppen. In: SIMPÓSIO EM ENERGIA NA AGRICULTURA, 1., 1999. Botucatu. *Anais...* Botucatu: FCA/UNESP, 1999, v.2, p.487-490.

ELLIASSON, L. Simulation of thinning with a singlegrip harvester. *Forest Science*, Washington, v.45, n.1, p.26-34, 1999.

FREITAS, K.E. *Análise técnica e econômica da colheita florestal mecanizada*. 2005. 27p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

- GINGRAS, J.F. The effects of site and stand factors on feller-buncher performance. **FERIC Technical Report**, Vancouver, n.84, p.1-18, 1988.
- HOLTZSCHER, M.A.; LANFORD, B.L. Tree diameter effects on cost and productivity of cut-to-length systems. **Forest Products Journal**, Madison, v.47, n.3, p.25-30, 1997.
- LOPES, S.E. **Análise técnica e econômica de um sistema de colheita florestal**. 2007. 124p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.
- MALINOVSKI, J.R.; CAMARGO, C.M.S.; MALINOVSKI, R.A. Sistemas. In: MACHADO, C.C. (Org.). **Colheita florestal**. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2002. p.145-167.
- OLIVEIRA, D.; LOPES, E.S.; FIEDLER, N.C. Avaliação técnica e econômica do *Forwarder* em extração de toras de pinus. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.37, n.84, p.525-533, 2009.
- GOMES, P.F. **Curso de estatística experimental**. São Paulo: Nobel, 1978. 430p.
- SILVA, C.B.; SANT'ANNA, C.M.; MINETTE, L.J. Avaliação ergonômica do feller-Buncher utilizado na colheita de eucalipto. **Cerne**, Lavras, v.9, n.1, p.109-118, 2003.
- SIMÕES, D.; FENNER, P.T. Influência do relevo na produtividade e custos do harvester. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.85, n.38, p.107-114, 2010.
- TIBURCIO, V.C.S.; SENE, J.M.; CONDI, L.G.B. Colheita mecanizada: avaliação do harvester e forwarder. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 2., 1995, Campinas. **Anais...** Viçosa: SIF, UFV, 1995. p.205-221.
- UNECE - UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE. **63rd session: Fuel consumption for vehicle powered refrigeration units based on a conception of standard vehicle engine**. INF.3. Geneva, Switzerland: UNECE, 2007.

Recebido em 21/06/2010
Aceito para publicação em 03/09/2010